

## 乱数生成行動の条件づけ

長崎大学医療技術短期大学部 〇長谷川芳典\*

Operant Conditioning of Random-generation Behavior

By Yoshinori HASEGAWA

-----

Twenty students were asked to construct 649 binary series that seemed to them to be random in three different conditions. In both "FB" and "NFB" conditions, operant-reinforcement techniques were introduced. That is, the subjects were asked to press either "0" or "1" button as unpredictably as possible. They are judged to "have won" when a computer fails to predict their choice. The results of the game were feedback after every response (in the "FB condition") or every 50 responses as standings by percentage (in the "NFB condition"). In "HK" condition, the subjects were instructed to write "0" or "1" one by one as randomly as possible. Randomness in the series of both "FB" and "NFB" conditions may be better achieved than in those of "HK" condition. The operant-reinforcement techniques caused some positive effects on random-generation behavior.

-----

Key Words: Subjective Randomness, Random-Generation Behavior, Binary Series, Operant Conditioning

-----

## 1. 緒言

我々は、環境の中の規則的变化に対応して規則的に行動することが多い。いっばんに行動科学は、こうした規則的な行動の中に法則性を見出すことを主たる目的とし、不規則な部分をノイズとして扱う傾向が強かった。しかし、「裏をかく」という言葉などで表現

されるように、他者の予測を外すように不規則的に行動したときのほうが、むしろ有利な結果を招くこともある。ノイズとしてではなく、不規則行動そのものを1つの適応的行動としてとらえ、その生起過程や不規則性の限界等を検討することが、行動科学の新たな視点として必要であろう。

不規則的行動に関する研究はこれまでもあった。1950年頃より、「乱数生成」あるいは「乱数発生テスト」というテーマで、いくつかの検討が行われ、知能（拡散的思考・創造的因子など）との関係や臨床心理学的応用などについて、それなりの成果があげられてきた。しかし、これまでの研究は次のような問題点があった[1][2][3]。

\*School of Medical Technology and Nursing  
Nagasaki University  
Sakamoto, Nagasaki 852  
Japan

第1に、大部分の研究では、①まず、被験者に対してランダムネスや抽出の無作為性に関する数学的説明を行なう、②ついで、「なるべくランダム（不規則）になるように数字を書いて（言って）ください」といった言語的指示を行なう、という方法がとられてきた。しかし、こうした方法では、数学的説明の詳しさ・分かりやすさの違い、あるいは説明を聞く被験者の態度の違いなどが結果に反映する可能性がある。じつ、「なるべくランダムに」という指示を「なるべく予測されないように」と言い代えただけで大きな影響があったことが報告されている〔4〕。下等な動物でさえ、あるていどの不規則的な振舞いができることを考えるならば、「不規則」概念を言語的指示によって「理解」させることは、きわめて不自然な実験状況であったように思われる。

第2に、従来の方法では、被験者に対する動機づけが不十分であることが指摘されている〔5〕。紙の上にランダムにたくさんの数字を書く作業にしても、あるいはランダムにボタンを押す作業にしても、きわめて退屈な作業に違いない。しかも、どのように反応しようとして、それによって報酬の量が変わるわけでもない。その結果、「真剣に不規則にふるまう」行動を分析していたつもりでも、実際には「なげやりにふるまう」行動を分析してしまった可能性がある。従来の研究では、ヒトが生成する乱数系列にはさまざまなクセがあると指摘されてきたが、もし、不規則的に振舞う行動に対して適切な動機づけがなされていたならば、はるかに「不規則」な行動が観測されていたかもしれないのである。

第3に、不規則行動の特質には訓練・経験によって可変の部分があるに違いない。しかし、これまでの研究では、そうした特質を比較的不变なものとして捉え、個々人の知能や性格、あるいはヒトに共通した認知様式との関連づける傾向が強かった。

もし、ヒトの不規則的なふるまいの特質が環境条件や経験によって異なるとするならば、まずその行動のどういう側面がどういう条件によって変容しうるのかを明らかにすることが先決であろう。本研究は、その一環として、「0」または「1」を選択するという行動を対象とし、その行動が不規則であればあるほど報酬が増すような事態（オペラント強化事態）のもとで検討を行なった。

オペラント強化事態とは、被験者が自発した特定の行動に報酬となる刺激が随伴するような事態を意味するが、ここでは、行動が不規則（注1参照）である場合に報酬（音刺激・得点・社会的刺激・謝礼金額）が与えられる事態をいう。なお、Lopes〔6〕も指摘しているように、我々は、生成された有限個数の数字列に対しては、それらがどの程度不規則であるか、規則的であるのかを数学的に判定することができない。ここではあくまで、注2の基準から定義された行動を「不規則行動」として操作的に定義し、分析を進めた。

## 2. 方法

### 被験者

大学生・大学院生およびコンピュータ関係の専修学校生20名。年齢は18歳から25歳。

### 装置

エプソン社のハンドヘルドコンピュータHC-41。本体にはカートリッジプリンターが取り付けられている。なお、データは実験終了後にNEC社パーソナルコンピュータPC98VM2に転送され、保存・解析された。

### 手続

全体的手続 被験者はキー押または筆記により、「0」または「1」の反応する。そのたびに、コンピュータは、被験者が次に「0」または「1」のどちらを選ぶかを、過去の反応系列出現傾向に基づいて予測する（予測の方略については注2参照）。この予測の裏をかくように反応すれば被験者の勝ち、予測的中したときは逆に負けとなる。以下に述べる3条件の平均通算勝率が4割7分以上の時にはボーナスを与えること、9割以上の被験者が満額のボーナスを受け取っていること、各被験者の勝率は高い順にランクづけされ公表されることが、あらかじめ指示された。

各被験者に対して、次の3条件をすべて実施した。順序効果を避けるため、3条件の実施順序（ $3P_2=6$ 通り）を、被験者によりカウンターバランスした。

FB条件 被験者は、コンピュータから開始音が発せられるたびに（音は、前回の反応が生じてから3秒後に発せられる）、アイテムキーボード上の「0」または「1」のキーを1回ずつ押す。9回目の反応以後、次にどちらのキーが押されるかが過去の反応系列出現傾向に基づいて予測される。勝敗結果は、そのつど、H

C41が発するメロディーによりフィードバックされた。さらに、キーが50回押されるたびに、通算の勝率がプリンターの印字によりフィードバックされた。全部で649回キーを押すと終了した。

**NFB条件** キー押しのたびに勝敗結果をフィードバックしないという点を除いては、FB条件とまったく同じである。したがって、被験者は、キーが50回ずつ押されるまではどのくらいの勝率であるかを知ることができない。

**HK条件** 従来の乱数生成法の実験手続と同様、「なるべくランダムになるように、0または1を紙に書いてください」との言語的指示を行ない、649個のマス目の中に数字を書き入れてもらった。実験中、被験者は自分の書いた数列を自由に見ることができ、また所要時間は被験者の任意とした。筆記された内容は、実験後に、キー入力条件(FB, NFB条件)とまったく同様に処理され、勝率が計算された。

**結果の処理** 被験者が生成した2項系列を、次の3つの指標により分析する。①被験者の平均勝率:条件別に各被験者の勝率を求める。勝率が高いということは、それだけコンピュータの予測を困難にしていることであり、「不規則」の度合いが高いと言えよう。②反応交代の生起率:反応交代とは、0の次に1、あるいは1の次に0というように、反応を交代させる率のことである。数学的な期待値は50%であるが、ヒトが生成する2項乱数系列はこれより高い値をとると言われている【7】。③分散値:系列長nの2項系列は $2^n$ 通りあるが、これらが等頻度で出現しているかどうかを、系列長1から9までのそれぞれについて、下記の式により求めた。なお、出現頻度 $f_i$ は、反応系列を1つずつらしながらカウントしたものである(注3)。

$$\frac{\sum_{i=1}^{2^n} (f_i - \frac{640}{2^n})^2 \times 1000}{640}$$

分散値が他の条件より大きいということは、系列の出現率が等頻度ではないことを示す。なお、完全に等頻度の時は、分散値は0となる。

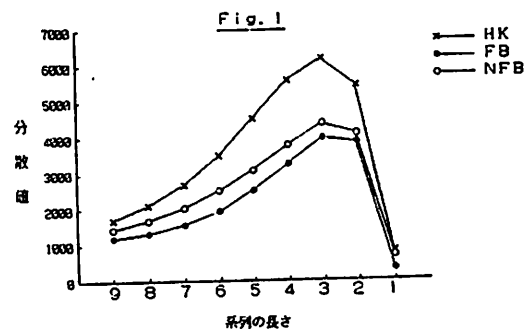
### 3. 結果および個別的考察

#### 3条件の比較

まず3つの指標から、どの条件が最も「不規則」であったかを検討する。最初に各被験者の平均勝率を比較したところ、HK条件は44.0%、FB条件は46.1%、NFB条件は46.3%であった。Friedman testによれば、これら平均値の差は有意とは言えず( $\chi^2=2.5, P>.20$ )、勝率を指標として見る限りでは条件間で大差がなかったと結論できる。

しかし、反応交代の平均生起率を指標として比較したところ、HK条件は56.7%、FB条件は42.8%、NFB条件は45.2%であり、Friedman testによれば、これら平均値には有意な差があった( $\chi^2=26.8, P<.001$ )。すなわち、3つの条件下で生成された系列には、異なる特質が少なくとも1つあったと管える。なお、従来の研究では、ヒトの生成した2項系列は反応交代が多すぎることがしばしば指摘されてきたが、FB条件やNFB条件ではむしろ逆の傾向になることが分かった。

最後に分散値の比較結果を、図1に示す。他の条件に比べ、HK条件の分散値は全般に高く、反応系列の出現に偏りがあることが示唆される。この指標においても3条件の違いがあることが分かった。



**3条件実施順序の効果** FB条件・NFB条件の経験の有無は、HK条件下での2項系列生成に影響を与えたであろうか。この問題を検討するため、いちばん先にHK条件を受けた被験者(7名)と他の2条件のあとでHK条件を受けた被験者(7名)の平均勝率を比較したところ、前者は44.7%、後者は43.6%であった。Uテストによれば、これらの差は有意ではない( $U=21.2, P>.35$ )。2条件を経験したからといって、HK条

件下の「乱数生成」は必ずしも上達しないようである。

### F B条件における瞬時強化の効果

F B条件は、反応をするたびに勝ち負けがフィードバックされるという条件、すなわち反応結果が瞬時に強化を受けるという条件であった。こうした瞬時強化がどのような効果をもたらすか検討する。

#### (1)反応交代出現率への効果

まず、F B条件内で、反応を繰り返すうちに反応交代の出現率がどのように変化したかを検討するため、反応に対するフィードバックがまだ行われていない第1回目から10回目反応前までに生じた反応交代率と、それ以後に生じた反応交代率とを比較したところ、前者の平均値が48.89%であるのに対して、後者は42.03%に減少していることが分かった。また、10回目以降に反応交代率を減少させた被験者は20名中16名におよび、有意な減少があることが分かった。(P=.006)。これに対してNFB条件、およびHK条件では反応交代率に有意な変化は認められなかった(いずれもP>.10)。以上の結果から、瞬時強化は、反応交代を減少させる効果のあることが示唆される。

#### (2)WIN-STAY, LOSE-SHIFTに関する考察

瞬時強化の導入によって、「勝ったときは次回も同じキーを押す(WIN-STAY)」、「負けたときは次回はもう一方のキーを押す(LOSE-SHIFT)」という方略をとることが可能となる。実際には、「負け」のあとで反応を変えた比率は平均53.6%であり、20名中18名が50%を越えていた。また、「勝ち」のあとで同じ反応を繰り返した比率は平均55.1%であり、こちらのほうも18名が50%を越えていた。これらの結果から、わずかではあるが、WIN-STAY・LOSE-SHIFTという方向に、影響をうけたことが示唆される。

### NFB条件における反応潜時

実験進行中に、反応までの潜時が遅くなることがあった。こうした遅れが、その直前までに生成された反応系列の内容と関連しているかどうか検討した。なお、NFB条件では50回ごとに勝率が打ち出されるため、その直後の反応潜時は大きくなる傾向があった。そこで、それらに該当する反応潜時を除外した上で、開始音から反応が生じるまでの平均潜時(数値はHC-4

1のループ処理回数)を計算した。図2に、直前4桁およびその直後に生じた反応別に比較した結果を示す。また図3に、直前4桁の系列と直後に生じた反応別に、潜時が10未満、10以上50未満、50以上100未満、および100以上(単位はいずれもループ回数)の頻度を示す。

Fig. 2

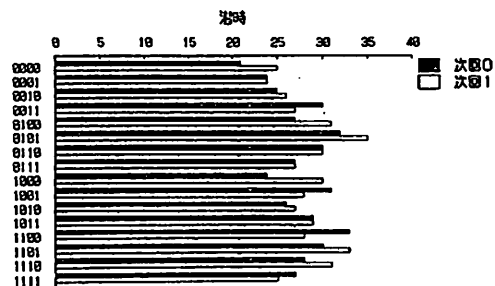


Fig. 3 (次回の反応0)

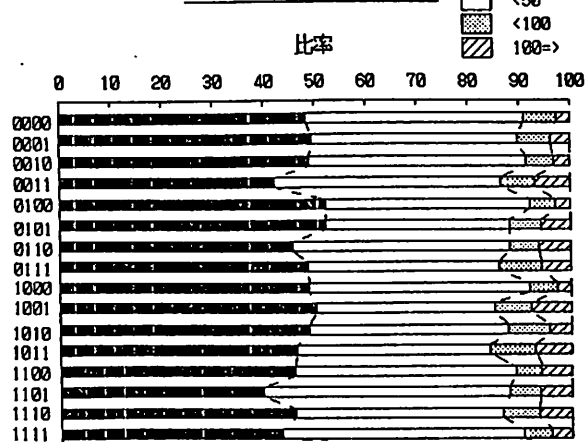


Fig. 3 (次回の反応1)

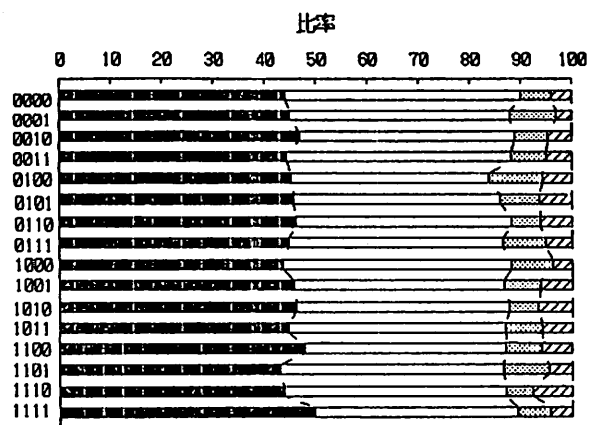
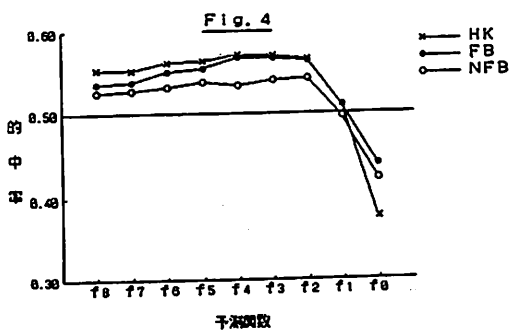


図2では多少の差がみられるものの、図3に示された潜時比率には大差がない。直前の反応系列は、次の反応までの潜時に対してはそれほど影響を及ぼさなかったと言えよう。

#### 予測関数別の的中率の比較

注2に述べた9通りの予測関数の的中率を、図4に示す。いずれの条件においても関数 $f_0$ の的中率が最も



低く、関数 $f_1$ がほぼ50%、関数 $f_2$ から $f_8$ まではいずれも50%を越える的中率を示した。関数 $f_0$ の的中率が低かったのは「0」と「1」の出現頻度を等しく保つようにふるまった結果であろう。また、 $f_2$ から $f_8$ までの的中率に大差なかったことは、過去の反応系列の傾向から予測をする場合には直前2桁までさかのぼれば十分であるということを示唆するものである。

#### 4. 全体的考察

本研究の主たる目的は、オペラント強化事態を導入することにより、言語的教示や数学的説明に頼らずに、かつ動機づけられた状況のもとで、不規則系列を生成させることにあった。このような状況に該当する条件、すなわちFB条件とNFB条件で生成された系列は、伝統的な筆記式方法による条件(HK条件)で生成された系列とは、いくつかの点で異なる特質をもっていた。そのうち、最も対照的であったのは、反応交代数が筆記式方法に比べて少なくなる点である。両条件下では、反応交代数が多いと予測関数 $f_1$ の的中率が増し、その結果として勝率が落ちる。こうしたフィードバックの効果が交代数を減少せしめたのであろう。

オペラント強化事態の導入は、分散値を小さくする

効果をももたらした。分散値が小さいということは、さまざまな系列が等頻度に出現していることを示す。したがって、「よりランダムな」乱数系列の生成に一定の効果をもたらしていると言うことができるだろう。

FB条件やNFB条件を先に経験しても、HK条件における系列生成が影響を受けることはなかった。すなわち、条件間における際だった転移はなかったことになる。その原因を考えるにあたっては、被験者の大部分が理工系の学生であり乱数について相当程度の知識を有していたこと、また経験の量が少なかったことなどに留意する必要があるだろう。子供、とくに言語的な伝達が困難な障害児を対象とした臨床的応用の検討、あるいは霊長類などを対象とした比較心理学的検討するさいには、オペラント強化事態の経験の有無がのちの系列生成に大きな影響を及ぼす可能性がある。

よりランダムに振舞えるということは、創造性と深いつながりがあるとされている〔8〕、〔9〕など。しかし、従来の研究では、どのような訓練を行えばよりランダムに振舞えるようになるのか、またそうした訓練があったとして、はたしてそれが創造性の開発につながるのか否か、については明らかにされていなかった。今回導入したオペラント強化事態は、その1つの試みにすぎず、強化の方式や訓練のステップなどについて改善を要するものである。そのさい、

①今回の実験では、(長さ1~9までの)系列が等頻度で出現するか否かを強化の基準とした。しかし、この基準を満たしたからといって、数学的には必ずしもランダムとは言えない。とすれば、他にどのような基準を導入する必要があるか。

②いっばんに、特定の行動を形成していく訓練過程では、最初はその行動の形成に必要な手がかりを与え、その手がかりの強さを徐々に弱めていくというフェイディング法が有効とされている。この方法は、不規則な行動を形成するうえでも果して有効であろうか。などについて、注意をはらう必要があるものと考えられる。

## 補注

注1：ここでいう不規則とは、反応系列に「クセ」がないことを意味する。具体的には、注2に述べるような方略でコンピュータが被験者の「クセ」を分析し、次にどちらの反応が生じるかを予測する。この予測を覆すように生成される反応系列が「不規則」な系列ということになる。

注2：コンピュータの予測の方略は以下の通りである。  
①被験者のキー押しのたびに、その反応を含む直前の1～9ケタの反応系列を記録する。②キーが9回押された時から、コンピュータは次の回（第n回）にどちらのキーが押されるかを、直前iケタ（iは0から8までの各数値）の反応系列と過去のi+1ケタの反応系列の出現傾向に基づいて予測する。これを予測関数 $f_i(n)$ の値と呼ぶ。たとえば、n-5回目からn-1回目までの反応系列が「00101」であったとすると、過去に「001010」と「001011」のどちらの系列が多く生じたか比較される。「001010」のほうが多かったときにはn回目の反応についての $f_5(n)$ の予測値は、「0」となる。「001010」と「001011」の頻度が同じであったときは、 $f_5(n)$ は予測値をとらない。同様にして、直前1ケタ～8ケタの系列に基づいて $f_1(n), f_2(n), \dots, f_8(n)$ の値が定まる。 $f_8(n)$ は、過去に生じた「0」と「1」うち生起頻度の多いほうを予測値とする。以上、9通りの予測関数のうち、予測値をとったものの中でその時点までの予測的中率が最も高い関数の値を予測値として採用する。なお、もし $f_8(n)$ から $f_0(n)$ までのすべての関数が予測値をとらなかった時は、デフォルト値が予測値となる。③反応が生じたら、予測値をとった関数すべてについて、個々の推算的中率が算出され記録され、①に戻る。

注3：たとえば、「00101...」という系列における系列長2の系列の出現頻度は、「00」「01」「10」「01」...というようにカウントされた。

## 参考文献

[1] Ross, B.M.(1955). Randomization of a binary series. American Journal of Psychology, 68, 136-138.

[2] Bakan, P. (1960). Response-tendencies in attempts to generate random binary series. American Journal of Psychology, 73, 127-131.

[3] Teraoka, T. (1963). Some serial properties of subjective randomness. Japanese Psychological Research, 5, 120-128.

[4] Finke, R. A. (1984). Strategies for being random. Bulletin of the Psychonomic Society, 22, 40-41.

[5] Weiss, R. L. (1964). On producing random responses. Psychological Reports, 14, 931-941.

[6] Lopes, L. L. (1982). Doing the impossible: A note on induction and the experience of randomness. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 8, 626-636.

[7] Wagenaar, W.A. (1972). Generation of random sequences by human subjects: A critical survey of literature. Psychological Bulletin, 77, 65-72.

[8] 国武君彦 (1973). 拡散的思考と乱数発生テスト 日本心理学会第37回大会発表論文集, pp. 144-145.

[9] 板垣文彦 (1985). 乱数生成法における知的要因について——WALSからの検討—— 日本教育心理学会第27回総会発表論文集, pp. 762-763.